ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01456v1

# 饲粮添加吡咯喹啉醌对围产期母猪繁殖性能和抗氧化功能的影响

肖俊峰[1] 史庆超[1] 柒启恩[1] 张 军[1] 杨焕胜[2] 温庆琪[3*]

（1.福建傲农生物科技集团股份有限公司，厦门 361008；2.湖南师范大学生命科学学院，动物营养与人体健康实验室，长沙 410081；3.江西农业大学动物科技学院，南昌 330045）

摘 要：本试验旨在比较吡咯喹啉醌（PQQ）与维生素 E 和有机硒对围产期母猪繁殖性能和抗氧化功能的影响。选用 40 头体重和背膘厚接近且妊娠 90 d 的第 3 胎大约克母猪，随机分为 2 组，每组 20 头。对照组在基础饲粮中添加 60 mg/kg 维生素 E 和 0.20 mg/kg 有机硒，试验组在基础饲粮中添加 1 mg/kg PQQ。试验期为妊娠第 90 天至分娩后第 7 天。结果表明：与对照组相比，饲粮添加 PQQ 对母猪产程、产仔数、产活仔数及仔猪初生窝重、仔猪平均初生重以及产后 7 d 仔猪平均日增重均无显著影响（$P>0.05$），但数值上有所升高；饲粮添加 PQQ 显著提高了初生仔猪和母猪血清总超氧化物歧化酶、谷胱甘肽过氧化物酶活性及还原型谷胱甘肽含量（$P<0.05$），显著降低了血清丙二醛含量（$P<0.05$），对血清过氧化氢酶活性、总抗氧化能力及氧化型谷胱甘肽含量均无显著影响（$P>0.05$）。综合得出，围产期饲粮中添加 PQQ 较维生素 E 和有机硒对母猪繁殖性能略有改善，能显著增强围产期母猪及初生仔猪的血清抗氧化功能。

关键词：吡咯喹啉醌；围产期；母猪；繁殖性能；抗氧化功能

中图分类号：S828

妊娠后期母体和胎儿的代谢加快，自由基的产生增加[1]，这可导致母体脂质和蛋白质的过氧化，并损伤正常内皮细胞的功能[2]，进而影响胎盘的功能[3]，阻碍胎儿在子宫内发育和引发流产[4-5]，降低母猪利用年限[6]。维生素 E 是一种具有抗氧化功能的重要营养素，其与硒具有协同抗氧化作用[7]。有研究报道，妊娠母猪饲粮中添加维生素 E 可提高母猪繁殖效率[8],增强母猪机体抗氧化能力[9]。维生素 E 作为一种脂溶性的抗氧化剂，主要在生物膜上与活性氧（reactive oxygen species,ROS）自由基及脂肪酸过氧化氢自由基发生反应，通过产生稳定的过氧化氢和生育酚自由基，阻断生物膜中过氧化物的形成，发挥抗氧化功能[10]。吡咯

收稿日期：2017-02-03

作者简介：肖俊峰（1981-），男，湖北武汉人，博士，从事单胃动物营养研究。E-mail: junfeng.xiao@qq.com

*通信作者：温庆琪，副教授，硕士生导师，E-mail: wenqingqi08@163.com

喹啉醌（pyrroloquinoline quinone,PQQ）是 20 世纪 70 年代发现的一种氧化还原酶的辅酶，具有促生长、抗氧化、激活免疫等多种生理功能[11]，其抗氧化功能尤为显著。PQQ 可直接清除机体内产生的氧和羟自由基，其清除自由基能力较抗坏血酸高 50~100 倍，且能够提高机体抗氧化酶活性[12]；PQQ 可防止线粒体氧化应激导致的脂质和蛋白质过氧化损伤[12-13]。Killgore 等[14]和 Smidt 等[15]研究发现，PQQ 对哺乳动物繁殖性能也有提高作用，给小鼠饲喂缺乏 PQQ 的饲粮，雌鼠繁殖性能下降。目前关于 PQQ 的研究多集中在微生物、鼠和鸡以及体外试验上，未见母猪上应用的相关报道。本试验通过比较 PQQ 与维生素 E 和有机硒对围产期母猪繁殖性能和抗氧化功能的影响，旨在为母猪围产期的饲养策略提供参考。

## 1　材料与方法

### 1.1　试验材料

PQQ 由微生物发酵制成，纯度≥99.9%，由上海医学生命科学研究中心提供；维生素 E（*DL*-α-生育酚乙酸酯，粉剂，含量 50%）由荷兰 DSM 公司提供，有机硒（酵母硒，硒含量 0.2%）由美国 Alltech 公司提供。

### 1.2　试验设计及饲粮

试验地点设在福建省漳州市傲农现代农业开发有限公司的种猪场。选取胎次（第 3 胎）、体重[（300±15） kg]接近的妊娠 90 d 大约克夏母猪 40 头，随机分为 2 组，分别为对照组和试验组，每组 20 头。母猪采用单栏饲喂。

基础饲粮为玉米-豆粕型饲粮，参照美国 NRC（2012）[16]设计，基础饲粮组成及营养水平见表 1。对照组饲粮设计为：在基础饲粮中添加维生素 E 60 mg/kg（有效含量）和酵母硒 0.20 mg/kg（硒含量）；试验组饲粮为：在基础饲粮中添加 1 mg/kg PQQ。试验时间为妊娠第 90 天至分娩后第 7 天。

表1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　%

| 项目 Items | 含量 Content |
|---|---|
| 原料 Ingredients | |
| 玉米 Corn | 60.20 |
| 麸皮 Wheat bran | 25.00 |
| 豆粕 Soybean meal | 11.52 |
| 食盐 NaCl | 0.40 |
| 碳酸钙 $CaCO_3$ | 1.26 |

chinaXiv:201711.01456v1

chinaXiv:201711.01456v1

| | |
|---|---|
| 磷酸氢钙 $CaHPO_4$ | 1.30 |
| 氯化胆碱 Choline chloride | 0.10 |
| 矿物质预混料 Mineral premix1) | 0.20 |
| 维生素预混料 Vitamin premix2) | 0.02 |
| 合计 Total | 100.00 |
| 营养水平 Nutrient levels3) | |
| 消化能 DE/（MJ/kg） | 12.76 |
| 粗蛋白质 CP | 13.73 |
| 钙 Ca | 0.88 |
| 总磷 TP | 0.70 |
| 有效磷 AP | 0.42 |
| 总赖氨酸 Lys | 0.67 |

1)矿物质预混料为每千克饲粮提供 Mineral premix provided the following per kg of the diet：Fe (as ferrous sulfate) 150 mg,Cu (as copper sulfate) 20 mg,Zn (as zinc sulfate) 150 mg,Mn (as manganese sulfate) 30 mg,Se (as sodium selenite) 0.4 mg,I (as potassium iodide) 0.3 mg。

2)维生素预混料为每千克饲粮提供 Vitamin premix provided the following per kg of the diet：VA 17 800 IU,$VD_3$ 5 000 IU,VE 44 IU,VK 5 mg,$VB_1$ 8 mg,$VB_2$ 15 mg,$VB_6$ 8.5 mg,$VB_{12}$ 0.05 mg,烟酰胺 nicotinamide 60 mg,*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 25 mg,叶酸 folic acid 2.5 mg。

3)营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

试验期间，每天 07:30 和 15:00 饲喂母猪，每头母猪饲喂 3 kg，自由饮水。母猪分娩前第 3 天进入产房饲养，母猪生活区和仔猪活动区均为漏缝地板，栏内设仔猪保温箱，产前第 1~2 天饲喂 2.0 kg，产仔当天不喂料，产后第 1 天饲喂 0.5 kg，第 2 天饲喂 3.0 kg，产后第 3 天喂料 4.0 kg，产后第 4~7 天饲喂 4.5 kg。饲养管理和防疫制度严格按照标准的商品母猪饲养管理流程进行。

1.3 样品采集

母猪分娩当天，采集每头母猪所产 9 头仔猪脐带血，以初生时间相近的 3 头仔猪脐带血作为 1 个检测样本，共采集 3 个样本（每头 10 mL，每个样本 30 mL）；产后第 8 天 09:00 对空腹的试验母猪经前腔静脉采血 10 mL。将所采集的血液样品 4 ℃静置 30 min，3 500 r/min 离心 15 min，收集上清液即血清，将所收集血清分装在 1.5 mL 离心管中，-20 ℃保存待测。

1.4 生产性能指标测定

产仔当天分别记录每头母猪的产仔数、产活仔数、产程（首个仔猪产出到胎衣排出的时间间隔），并称量仔猪初生窝重和平均初生重，于产后第 8 天称量仔猪窝重，并计算产后 7

d 仔猪平均日增重。

1.5 母猪、仔猪血清抗氧化功能测定

按试剂盒说明测定母猪和仔猪血清总抗氧化能力（T-AOC）、总超氧化物歧化酶（T-SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、过氧化氢酶（CAT）活性及还原型谷胱甘肽（GSH）、氧化型谷胱甘肽（GSSG）和丙二醛（MDA）含量。试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.6 统计分析

试验数据以平均值±标准差表示，采用 SPSS 19.0 统计软件的 *t* 检验法进行组间差异显著性比较，*P*＜0.05 为差异显著。

## 2 结 果

### 2.1 饲粮添加 PQQ 对围产期母猪繁殖性能的影响

由表 2 可知，添加 PQQ 对母猪产程、产仔数、产活仔数及仔猪初生窝重、仔猪平均初生重和产后 7 d 仔猪平均日增重无显著影响（*P*＞0.05），与对照组相比，围产期饲粮中添加 PQQ 母猪产仔数提高 4.5%，母猪产活仔数提高 1.4%，仔猪初生窝重提高 6.14%，仔猪平均初生重提高 3.62%，产后 7 d 仔猪平均日增重提高 21.42%。

表 2 饲粮添加 PQQ 对围产期母猪繁殖性能的影响

Table 2 Effects of dietary PQQ supplementation on reproductive performance of sows in perinatal period

| 项目 Items | 对照组 Control group | 试验组 Experimental group |
|---|---|---|
| 产程 Labor course/h | 4.1±1.4 | 4.3±1.3 |
| 产仔数 Born number/头 | 15.7±1.8 | 16.4±2.7 |
| 产活仔数 Born alive number/头 | 14.7±1.6 | 14.9±2.3 |
| 仔猪初生窝重 Birth litter weight of piglets/kg | 19.55±2.29 | 20.75±2.93 |
| 仔猪平均初生重 Average birth weight of piglets/kg | 1.38±0.10 | 1.43±0.14 |
| 产后 7 d 仔猪平均日增重 ADG of piglets in 7 days after born/g | 155.47±21.07 | 188.77±30.03 |

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*＜0.05），无小写字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*＜0.05), while with on letter superscripts mean no significant difference （*P*>0.05）. The same as below.

chinaXiv:201711.01456v1

2.2 饲粮中添加 PQQ 对初生仔猪及围产期母猪血清抗氧化功能的影响

由表 3 和表 4 可知，与对照组相比，围产期饲粮中添加 PQQ 显著提高了初生仔猪及母猪血清 T-SOD、GSH-Px 活性及 GSH 含量（*P*＜0.05），显著降低了初生仔猪及母猪血清 MDA 含量（*P*＜0.05），对初生仔猪及母猪血清 CAT 活性、T-AOC 和 GSSG 含量无显著影响（*P*＞0.05）。

表 3 饲粮添加 PQQ 对初生仔猪血清抗氧化功能的影响

Table 3 Effects of dietary PQQ supplementation on serum antioxidant indices of new-born piglets

| 项目 Items | 对照组 Control group | 试验组 Experimental group |
|---|---|---|
| 过氧化氢酶 CAT/(U/mL) | 9.03±1.58 | 7.71±1.25 |
| 总抗氧化能力 T-AOC/(nmol/mL) | 2.42±0.10 | 2.37±0.18 |
| 总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL) | 60.72±5.12[a] | 78.68±4.18[b] |
| 谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL) | 244.97±19.27[a] | 288.50±46.00[b] |
| 丙二醛 MDA/(nmol/mL) | 52.36±7.13[b] | 36.43±6.66[a] |
| 还原型谷胱甘肽 GSH/(μmol/L) | 2.30±0.48[a] | 3.45±0.44[b] |
| 氧化型谷胱甘肽 GSSG/(μmol/L) | 16.90±1.38 | 15.17±1.33 |

表 4 饲粮中添加 PQQ 对围产期母猪血清抗氧化功能的影响

Table 4 Effects of dietary PQQ supplementation on serum antioxidant indices of sows in perinatal period

| 项目 Items | 对照组 Control group | 试验组 Experimental group |
|---|---|---|
| 过氧化氢酶 CAT/(U/mL) | 14.02±2.79 | 11.54±2.10 |
| 总抗氧化能力 T-AOC/(nmol/mL) | 2.05±0.65 | 2.35±0.65 |
| 总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mL) | 76.34±2.44[a] | 81.22±3.12[b] |
| 谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/mL) | 207.50±13.2[a] | 225.88±21.30[b] |
| 丙二醛 MDA/(nmol/mL) | 65.74±3.12[b] | 55.11±4.87[a] |
| 还原型谷胱甘肽 GSH/(μmol/L) | 1.80±0.42[a] | 2.65±0.43[b] |
| 氧化型谷胱甘肽 GSSG/(μmol/L) | 16.27±2.29 | 14.55±1.79 |

## 3 讨 论

因条件所限，本试验未能设不添加 PQQ 或维生素 E 和有机硒的空白对照组，而将添加维生素 E 和有机硒的对照组饲粮设计为常规的商品母猪饲粮水平，试验组则为添加了 PQQ 的饲粮，二者相比较的结果对生产应用具有一定的参考价值。维生素 E 和有机硒同时添加，具有协同抗氧化作用[17]，是维持哺乳动物生长发育所必不可少的营养素，维生素 E 可提高机体免疫力[18]，维持胎盘生物膜的完整性，促进卵巢机能，增加卵泡黄体细胞数量，提高动物繁殖性能[19]；而 PQQ 是目前发现的抗氧化能力最强的物质[12]。本试验结果表明，饲粮

chinaXiv:201711.01456v1

ChinaXiv合作期刊

中添加 1 mg/kg PQQ 相比维生素 E（60 mg/kg）和有机硒（0.20mg/kg）组合添加在母猪生产实践中更具优势，作者以为，继续深入研究 PQQ 在母猪生产上的应用价值及其适宜添加水平，对提高母猪繁殖性能是有裨益的。

机体抗氧化功能是反映动物健康程度的重要指标之一。在正常的生理条件下，机体内既有自由基生成，同时又有自由基被清除，机体内的自由基数量应处于某种动态平衡。母猪妊娠后期乳腺发育和胎儿生长速度加快，机体营养物质代谢加速。有报道显示，妊娠第 110 天的母猪体内 DNA 氧化损伤程度显著高于妊娠第 30 天，血浆 β-胡萝卜素和 α-生育酚的浓度低于妊娠第 30 天[20]，这表明妊娠后期母猪机体代谢所产生的氧化应激水平远高于妊娠前期。因此，本试验采用妊娠后期的经产母猪作为试验动物，比较了 PQQ 作为一种抗氧化剂，是否能具有与维生素 E 和有机硒组合相当的抗氧化功效。试验结果表明，与对照组相比，妊娠后期添加 PQQ 显著提高了母猪和初生仔猪血清 T-SOD、GSH-Px 活性及 GSH 含量，显著降低了母猪和初生仔猪血清中 MDA 含量，这表明 PQQ 在体内可能具有效率更高的抗氧化途径。

超氧化物歧化酶(SOD)和 GSH-Px 是机体内主要的抗氧化酶。本试验结果表明，饲粮中添加 PQQ 不仅提高了上述 2 种抗氧化酶的活性，而且还降低了氧化产物 MDA 的含量，这与徐磊等[13]、孙丽敏等[21]和赵芹[22]的研究结果一致。PQQ 在体内抗氧化机理可能是通过减少细胞内氧化应激，激活线粒体合成修复路径、增加线粒体合成，维持线粒体功能稳定。赵芹[22]和 Barhwal 等[23]研究发现，PQQ 可增加过氧化物酶体增殖活化受体 γ 共激活因子-1α（peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator-1α,*PGC*-1*α*）基因的表达，直接清除 ROS，并能促进核呼吸因子-1（nuclear respiratory factor 1,*NRF*-1）和促进核呼吸因子-2（nuclear respiratory factor 2,*NRF*-2）基因的表达，与抗氧化反应元件（antioxidant responsive element,ARE）相结合，促进 *SOD*、*CAT*、*GSH-Px* 等抗氧化酶基因的转录和表达，实现其抗氧化功能；此外 Taira 等[24]报道，PQQ 还能增强细胞调控能力，增加帕金森病蛋白 7 基因编码蛋白 DJ-1 的合成以增强线粒体修复功能；PQQ 可激活 NRF-2 促进相关抗氧化酶表达以清除 ROS，防止机体氧化损伤[25-26]。维生素 E 与 ROS 自由基及脂肪酸过氧化氢自由基发生反应，通过产生稳定的过氧化氢和生育酚自由基，阻断生物膜中过氧化物的形成，发挥其抗氧化功能[10]。与维生素 E 不同的是，PQQ 不仅能直接清除生物膜中的自由基，防止脂质过氧

chinaXiv:201711.01456v1

化，还能通过调控一系列参与抗氧化反应的酶和因子，达到阻止细胞内氧化损伤的作用，这可能是 PQQ 抗氧化功能优于维生素 E 和有机硒组合的原因。

胎儿与母体通过胎盘进行营养物质、代谢产物、生物活性物质等的交换，胎盘通过血液循环以满足胎儿生长发育所需的养分[27]。因此，脐带血中的抗氧化功能在一定程度上反映初生仔猪的抗氧化状态。维生素 E 通过胎盘由母猪转运至胎儿的量非常有限，初生仔猪必须依赖初乳和常乳以满足它对维生素 E 的需要[28]。本试验中，PQQ 组仔猪脐带血血清抗氧化功能的变化趋势与母猪血清抗氧化功能的变化趋势一致，这表明由 PQQ 所影响的母猪抗氧化状态，可传导至仔猪机体，这可能是 PQQ 不同于维生素 E 和有机硒发挥抗氧化作用的另一不同之处。郭艺璇等[29]报道，给妊娠母猪饲粮中添加适宜水平的姜粉，初生仔猪和母猪血清 GSH 含量均有提高的趋势。龙次民等[30]在妊娠母猪饲粮中添加壳寡糖，妊娠母猪及初生仔猪体内抗氧化功能均得到改善。上述结果表明，通过妊娠母猪阶段的饲粮营养调控能使初生仔猪拥有一个健康的开始，为今后母仔猪一体化营养调控的研究提供了思路。

## 4 结 论

围产期母猪饲粮中添加 1 mg/kg PQQ，与添加维生素 E（60 mg/kg）和有机硒（0.20 mg/kg）组合相比，对母猪繁殖性能无显著影响，但略有改善，能显著增强母猪及初生仔猪血清抗氧化功能。

参考文献：

[1] MYATT L,CUI X L.Oxidative stress in the placenta[J].Histochemistry and Cell Biology,2004,122(4):369–382.

[2] SERDAR Z,GÜR E,ÇOLAKOĐULLARÝ M,et al.Lipid and protein oxidation and antioxidant function in women with mild and severe preeclampsia[J].Archives of Gynecology and Obstetrics,2003,268(1):19–25.

[3] PRATER M R,LAUDEMILCH C L,LIANG C,et al.Placental oxidative stress alters expression of murine osteogenic genes and impairs fetal skeletal formation[J].Placenta,2008,29(9):802–808.

[4] GUPTA S,AGARWAL A,SHARMA R K.The role of placental oxidative stress and lipid peroxidation in preeclampsia[J].Obstetrical & Gynecological Survey,2005,60(12):807–816.

chinaXiv:201711.01456v1

[5] SUGIN N,TAKIGUCHI S,UMEKAWA T,et al.Oxidative stress and pregnancy outcome:a workshop report[J].Placenta,2007,28:S48–S50.

[6] ZHAO X F,ALDINI G,JOHNSON E J,et al.Modification of lymphocyte DNA damage by carotenoid supplementation in postmenopausal women[J].American Journal of Clinical Nutrition,2006,83(1):163–169.

[7] 朱善良.硒的生物学作用及其研究进展[J].生物学通报,2004,39(6):6–8.

[8] MAHAN D C.Assessment of the influence of dietary vitamin E on sows and offspring in three parities:resproductive performance,tissue tocopherol,and effects on progeny[J].Journal of Animal Science,1991,69(7):2904–2917.

[9] MAHAN D C.Effects of dietary vitamin E on sow reproductive performance over a five-parity period[J].Journal of Animal Science,1994,72(11):2870–2879.

[10] 刘雯雯.饲粮添加有机硒和 VE 对育肥猪生产性能、肉质和抗氧化力的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2008.

[11] KASAHARA T,KATO T.Nutritional biochemistry:a new redox-cofactor vitamin for mammals[J].Nature,2003,422(6934):832–832.

[12] HE K,NUKADA H,URAKAMI T,et al.Antioxidant and pro-oxidant properties of pyrroloquinoline quinone (PQQ):implications for its function in biological systems[J].Biochemical Pharmacology,2003,65(1):67–74.

[13] 徐磊,张海军,武书庚,等.吡咯喹啉醌对蛋鸡生产性能、蛋品质及抗氧化功能的影响[J].动物营养学报,2011,23(8):1370–1377.

[14] KILLGORE J,SMIDT C,DUICH L,et al.Nutritional importance of pyrroloquinoline quinone[J].Science,1989,245(4920):850–852.

[15] SMIDT C R,STEINBERG F M,RUCKER R B.Physiologic importance of pyrroloquinoline quinone[J].Experimental Biology and Medicine,1991,197(1):19–26.

[16] NRC.Nutrient requirements of swine[S].11th ed.Washington,D.C.:National Academy Press,2012.

[17] 闫丽佳,裴俊瑞,高琳,等.硒和维生素 E 对大鼠的抗氧化作用[J].中国地方病学杂

chinaXiv:201711.01456v1

chinaXiv:201711.01456v1

志,2007,26(4):381–383.

[18] 宋晓燕,杨天奎.天然维生素 E 的功能及应用[J].中国油脂,2000,25(6):45–47.

[19] 郭红菊.维生素 E 功能的研究进展[J].天水师范学院学报,2005,25(5):44–46.

[20] BERCHIERI-RONCHI C B,KIM S W,ZHAO Y,et al.Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation[J].Animal,2011,5(11):1774–1779.

[21] 孙丽敏,张海军,武书庚,等.吡咯喹啉醌二钠对蛋鸡生产性能和鸡蛋胆固醇含量的影响[J].动物营养学报,2014,26(9):2565–2573.

[22] 赵芹.吡咯喹啉醌钠(PQQ.$Na_2$)对蛋鸡脂肪肝的调控作用[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014:21.

[23] BARHWAL K,HOTA S K,JAIN V,et al.Acetyl-l-carnitine (ALCAR) prevents hypobaric hypoxia-induced spatial memory impairment through extracellular related kinase-mediated nuclear factor erythroid 2-related factor 2 phosphorylation[J].Neuroscience,2009,161(2):501–514.

[24] TAIRA T,SAITO Y,NIKI T,et al.DJ-1 has a role in antioxidative stress to prevent cell death[J].EMBO Reports,2004,5(2):213–218.

[25] NUNOME K,MIYAZAKI S,NAKANO M,et al.Pyrroloquinoline quinone prevents oxidative stress-induced neuronal death probably through changes in oxidative status of DJ-1[J].Biological and Pharmaceutical Bulletin,2008,31(7):1321–1326.

[26] MARTINAT C,SHENDELMAN S,JONASON A,et al.Sensitivity to oxidative stress in DJ-1-deficient dopamine neurons:an ES-derived cell model of primary parkinsonism[J].PLoS Bioloky,2004,2(11):e327.

[27] CAMPOS P H R F,SILVA B A N,DONZELE J L,et al.Effects of sow nutrition during gestation on within-litter birth weight variation:a review[J].Animal,2012,6(5):797–806.

[28] PINELLI-SAAVEDRAA A,SCAIFEB J R.Pre-and postnatal transfer of vitamins E and C to piglets in sows supplemented with vitamin E and vitamin C[J].Livestock Production Science,2005,97(2/3):231–240.

[29] 郭艺璇,杨在宾,姜淑贞,等.妊娠后期和泌乳期饲粮添加姜粉对母猪和哺乳仔猪抗氧化性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(1):178–184.

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01456v1

[30] 龙次民,谢春艳,吴信,等.妊娠后期母猪饲粮中添加壳寡糖对新生仔猪抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2015,27(4):1207–1213.

Effects of Dietary Pyrooloquinoline Quinine Supplementation on Reproductive Performance and Antioxidative Function of Sows in Perinatal Period

XIAO Junfeng[1] SHI Qingchao[1] QI Qi'en[1] ZHANG Jun[1] YANG Huansheng[2] WEN Qingqi[3*]

(*1. Fujian Aonong Bio-Technology Group Co., Ltd., Xiamen* 361008, *China; 2. Animal Nutrition and Hunan Health Laboratory, School of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha* 410081, *China; 3. College of Animal Science, Jiangxi Agricultural University, Nanchang* 330045, *China*)

Abstract: This study was conducted to compare the effects of dietary supplementations of pyrooloquinoline quinine (PQQ) and vitamin E + organic selenium on reproductive performance and antioxidative function of sows in perinatal period. Forty Yorkshire sows at 90 d of gestation at the third parity with similar body weight and backfat thickness were randomly divided into two groups with twenty sows per group. Sows in control group were fed a basal diet supplemented with 60 mg/kg vitamin E and 0.20 mg/kg organic selenium, while those in experimental group were fed the basal diet supplemented with 1 mg/kg PQQ. The experiment period was from 90 d of gestation to 7 d after farrowing. The results showed as follows: compared with control group, dietary supplementation of PQQ had no significant effects on labor course, born number and born alive number of sows, as well as birth litter weight of piglets, average birth weight of piglets and average daily gain of piglets in 7 days after born ($P>0.05$), but the values were increased; dietary supplementation of PQQ significantly increased total superoxide (T-SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px) activities and glutathione (GSH) content ($P<0.05$), and decreased malonic dialdehyde (MDA) content ($P<0.05$), but did not influence catalase (CAT) activity, total antioxidant capacity (T-AOC) and oxidized glutathione (GSSG) content in serum of new-born piglets and sows ($P>0.05$). In conclusion, dietary supplementation of PQQ can slightly improve reproductive

*Corresponding author, associate professor, E-mail: wenqingqi08@163.com (责任编辑 王智航)

performance of sows, but can enhance serum antioxidant function of sows in perinatal period and new-born piglets.

Key words: pyrooloquinoline quinine; perinatal period; sows; reproductive performance; antioxidative activity

chinaXiv:201711.01456v1